

SNÍŽENÍ OBSAHU KALŮ FLOTACÍ HORKÉ MLADINY VE VÍŘIVÉ KÁDI

Ing. RICHARD GOLDMANN, Starobrna a.s., Brno
JAROSLAV DOSTÁL, VŠCHT Praha

Klíčová slova : vířivá kád', flotace, hrubé a jemné kaly

1. ÚVOD

Ve snaze zvýšit plnicí objem CKT se autoři zaměřili na snížení obsahu kalů ve spílané mladíně. Nižší obsah kalů v zakvašené mladíně má nejen vliv na chuťovou stabilitu, zlepšení pивní pěny v důsledku snížení obsahu mastných kyselin, intenzitu kvašení a filtrovatelnost piva, ale také výrazně ovlivňuje výšku kvasné deky, a tím i objem plnění CKT. Studium vířivé kádě [1] a porovnání standardních separačních metod, jako je odštěďování a filtrace horké mladiny, usazování, stejně tak jako flotace studené mladiny, kde se maximální účinnost pohybuje podle metody v intervalu od 60 do 80 % [2], vedlo autory k úvaze předřadit flotaci usazování horkých kalů. Jako vhodný technologický uzel byl zvolen nástřik horké mladiny do vířivé kádě. K vlastní flotaci dochází smísením čerpané horké mladiny se zchlazenou karbonizovanou mladinou, připravenou v bypassu z hlavního toku. K potlačení nežádoucích Maillardových reakcí byl použit jako nosný plyn oxid uhličitý. Pro novou separační metodu použili autoři pojem – *flotace horké mladiny* [3].

2. FLOTACE HORKÉ MLADINY

Navržená metoda využívá efektu, kdy při nižší než vyrážené teplotě mladiny (60–85 °C) se vylučují tříslo-bílkovinné komplexy, které vypadávají z roztoku jako jemně rozptýlené částice. Flotací inertním, ve vodě rozpustným plynem (CO₂), se během nátoku mladiny do vířivé kádě tyto jemné částice vynesou do pěny, která se v důsledku tangenciálního nátoku mladiny soustředí ve středu hladiny. Flotace se dosahuje expanzí CO₂ z podchlazené karbonizované mladiny (4–6 °C, obsah CO₂ 5 g/l) v bodě nástřiku do vířivé kádě. Působením obou vlivů – tj. flotací CO₂ a současným snížením teploty rotující mladiny (výsledná teplota mladiny ve vířivé kádě je dána poměrem výkonů vyrážené a podchlazené mladiny) se *sníží obsah jemných kalů ve vyrážené mladíně o 30–50%*.

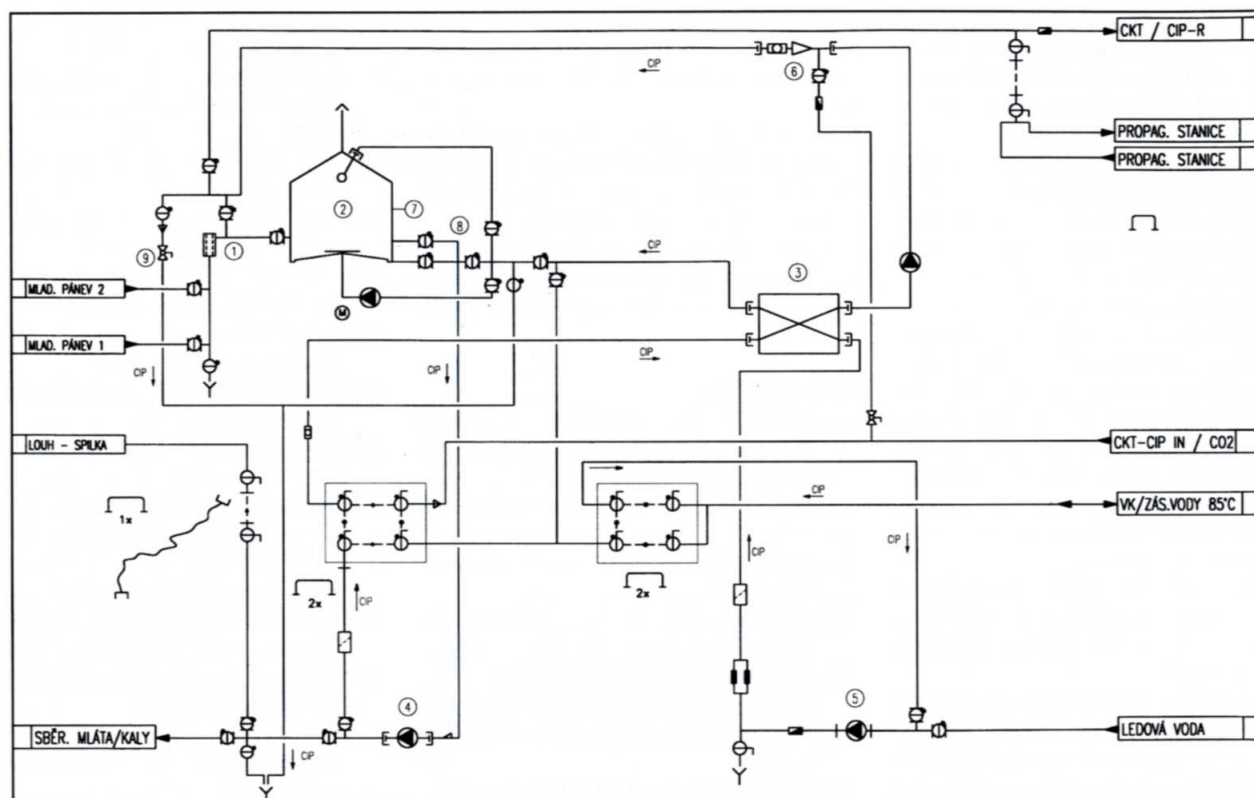
3. POPIS ZAŘÍZENÍ A JEHO FUNKCE

Zařízení na chlazení mladiny (*obr. 1*) se skládá z ventilů (1) umožňujících nátok horké (96–98 °C) a podchlazené (4–6 °C) mladiny do vířivé kádě (2), jednostupňového chladiče (3), čerpadel mladiny (4) a le-

dové vody (5), Venturiho trubice (6) na syčení podchlazené mladiny inertním plynem (CO₂), sady ventilů a řídicího systému, který zajišťuje následující funkce:

- protlákku horké vody ze systému mladinou
- chlazení mladiny v obchvatu a její syčení CO₂
- nástřik zchlazené a nasycené mladiny do hlavního toku mladiny a expanzi rozpouštěného plynu (CO₂)
- dochlazování mladiny ve vířivé kádě na žádanou teplotu
- protlákku mladiny ze systému horkou vodou
- čerpání mladiny přes chladič až do CKT
- výkonově řízené stahování mladiny z vířivé kádě
- automatický výhoz kalů a oplach horkou vodou
- sanitaci celého systému včetně vazeb na cylindrokónické tanky.

Mladina se tangenciálně čerpá do vířivé kádě (2). Po načerpání stanoveného objemu horké mladiny (96–98 °C) – objem je definován zaplavením sondy (7) – se otevře



Obr. 1 Schéma zapojení chlazení mladiny

horní výpusť (8) vířivé kádě a mladina protlačí horkou vodu ze systému přes mladinové čerpadlo (4), mladinou stranu chladiče (3), Venturiho trubici (6) a škrtkovací klapku (9) na kanál. Současně se proti mladině do chladiče (3) – deskový výměník – čerpá ledová voda čerpadlem (5). Výsledkem obou kroků je zchlazení mladiny na teplotu syčení 4–6 °C. Vlastní syčení podchlazené mladiny plynným CO₂ probíhá ve Venturiho trubici (6) následně po protlačení horké vody. Po protlačení horké vody ze systému (definovaný objem) se nastříkuje podchlazená, karbonizovaná mladina do hlavního toku mladiny z mladinové pánve. V důsledku vyšší teploty (70–85 °C) dochází k expanzi CO₂ v horké mladině, a tím k uvolnění drobných bublin unášených tangenciálním tokem mladiny ve vířivé kádě (2). Vlivem rotace celého objemu jsou bubliny CO₂ vynášeny spirálovitě směrem k hladině, kde se ve vytvořené pěně soustředí a zachycují jemné kalové částice (jemný kal). Rotující pěna ztrácí během sedimentace dynamiku a koncentrovaný podíl jemných částic se rozpadá nad vrcholem kužele horkých kalů. Řízeným stahováním mladiny podle výkonové křivky se podporuje usazení částic, rozptýlených

jak v mladině, tak v pěně, v oblasti středu vířivé kádě (2). Po stažení mladiny se automaticky protlačí mladina horkou vodou a následuje výhoz kalů. Po oplachu vířivé kádě se opět celý systém propláchně horkou vodou tak, aby teplota za chladičem byla vyšší než 72 °C, a tím byla zajištěna jeho sterilita do další várky (obr. 1).

Výkonová křivka pro stahování mladiny je uvedena na obr. 2.

Zvolený minimální výkon umožní stažení i posledních uvolňovaných zbytků mladiny z kužele tak, aby nedošlo k jeho trhání a uvolňování kalů do dotahované mladiny.

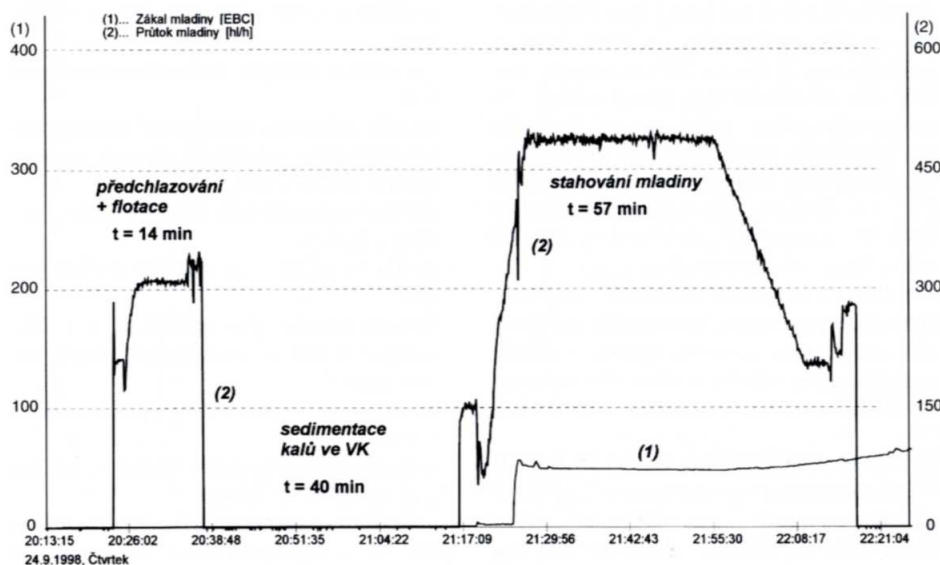
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Měření obsahu jemných kalů

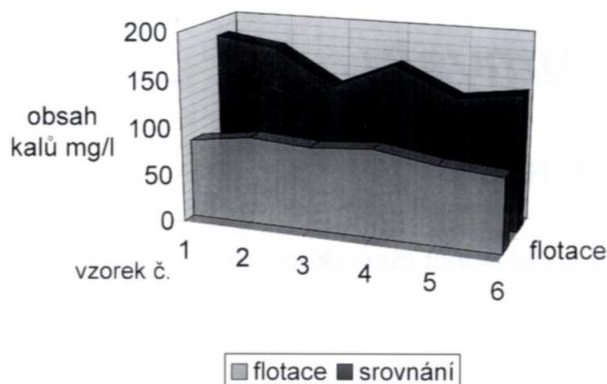
Účinnost flotace horké mladiny byla prověřována měřením obsahu jemných kalů ve spílané 10 % světlé mladině. Měřená mladina byla filtrována přes frity S3 o průměru 50 mm postupem podle Pivovarsko-sladařské analytiky [4].

4.2 Parametry

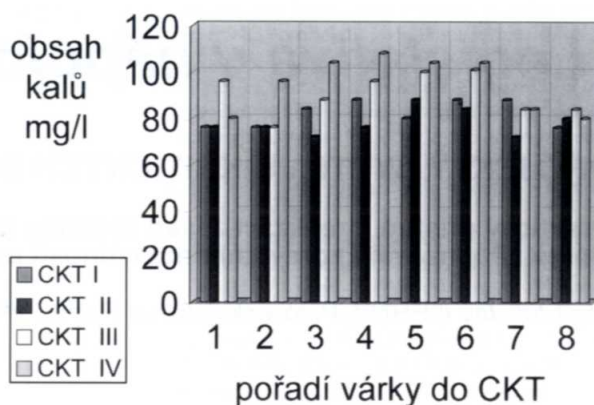
Vzorek byl odebírán vždy v polovině stahované várky. Objem vyrážených mladin činil cca 425 hl. Mladina byla čerpána do vířivé kádě o celkovém objemu 650 hl a vnitřním průměru 6000 mm. Vířivá kádě v celonerezovém provedení s izolačním pláštěm byla plněna do výšky odpovídající poměru H/D = 0,35. Doba načerpávání činila 25 min, doba stahování max. 65 min. Pro výraznější srovnání byly testovány mladiny bez předchlazování, s předchlazováním



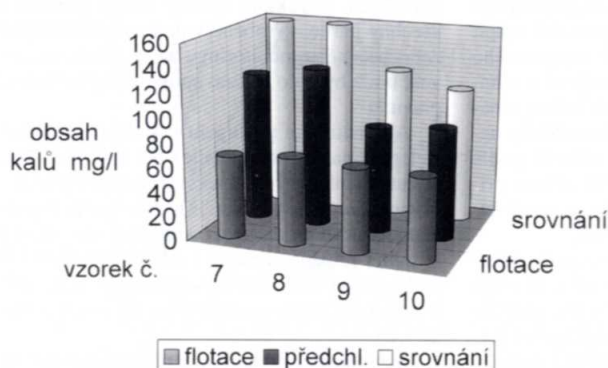
Obr. 2 Výkonová křivka pro stahování mladiny



Obr. 3 Srovnání obsahu jemných kalů ve flotovaných a neflotovaných mladínách



Obr. 5 Porovnání obsahu jemných kalů v mladínách uvařených z různých sladů



Obr. 4 Srovnání obsahu jemných kalů ve studených mladínách

bez flotace a s flotací. Doba sedimentace byla vždy 40 min. Teplota zchlazené mladiny ve vířivé kádě se pohybovala mezi 80–82 °C, syčení mladiny podchlazené na 4 °C plyným CO₂ bylo prováděno na koncentraci cca 5 g/l.

5. VÝSLEDKY A DISKUSE

V průběhu tří měsíců byl měřen obsah jemných kalů, zákal v úhlu 90° a barva v várečce čerpaných bez i s flotací, resp. bez či s předchlazením. Byl porovnáván vliv ochranné atmosféry CO₂ na rychlost čiření mladiny ve vířivé kádě při různých teplotách sedimentace. Obsah jemných kalů byl dále konfrontován s maximálním plnicím objemem CKT. Teploty hlavního kvašení se pohybovaly v rozmezí 11–12 °C. Jako standard pro hledání optimálních poměrů ve vířivé kádě byla použita metoda stanovující obsah kalů ve spílané mladíně. Pro omezení vlivu nestandardních sladů ze sklizně 1997 se vždy dvě po sobě jdoucí várky, u nichž byla použita stejná technologie, homogenizovaly a stanovovaly vedle sebe jako jeden vzorek.

V čase byly vedle sebe srovnávány vždy mladiny připravené ze stejných sladů původní technologií a technologií doplněnou flotací horké mladiny. Na základě výsledků (obr. 3) je patrný trend vyrovnanějšího obsahu jemných kalů v mladínách ošetřených flotací ve vztahu k mladínám čerpaným podle původní technologie.

Pro potvrzení předchozích zjištění se po-

váděly série pokusů (obr. 4) zahrnujících mladiny čerpané do vířivé kádě bez jakékoli změny původní technologie (srovnání), s předchlazením a s flotací. I tyto pokusy potvrdily, že snížení obsahu jemných kalů flotací nezávisí přímo na vstupním zatížení mladiny, ale je spíše parametrem soustavy (rychlost scezování, intenzita chmelovaru).

Nevyrovnanost svařovaných sladů ze sklizně 1997 je znázorněna na týdenním profilu obsahu jemných kalů ve spílaných mladínách (obr. 5).

Pro potvrzení separačních účinků flotace horké mladiny byly svařovány slady různé kvality ze sladoven A, B (tab. 1 a tab. 2). Zjištěné obsahy jemných kalů ve studených mladínách potvrdily pozitivní vliv flotace za horka na obsah kalů ve spílaných mladínách. Účinnost snížení hodnoty kalů se pohybovala podle kvality svařovaných sladů od 30 do 50 %. Hodnota obsahu kalů se ustálila při vyrovnaných sladech v pásmu 75–85 mg/l. Díky nižšímu obsahu jemných kalů (původně 120–200 mg/l) bylo možné postupně zvyšovat efektivní plnicí objem zakvašené mladiny z původních 2970 hl (82,5 %) na konečných 3110 hl (86,4 %), a to bez použití odpěňovacích prostředků. Současně s poklesem obsahu kalů se zlepšil fyziologický stav kvasnic a jejich sedimen-

Tab. 1 Obsah kalů a rozbor použitého sladu A

flotace	obsah kalů [mg.l ⁻¹]	rozbor sladu	
ne	204	vláha [%]	4,1
ne	196	extrakt [%]	80,5
ne	208	zcukření [min]	10
ano	160	stékání	slabý opál
ano	164	viskozita [mPas]	1,537
ano	157	rel. extrakt při 45 °C	35,5

Tab. 2 Obsah kalů a rozbor použitého sladu B

flotace	obsah kalů [mg.l ⁻¹]	rozbor sladu	
ne	160	vláha [%]	4,2
ne	124	extrakt [%]	81,5
ne	132	zcukření [min]	10
ano	80	stékání	čiré
ano	68	viskozita [mPas]	1,523
ano	72	rel. extrakt při 45 °C	36,8

tační schopnost. Maximální teplota během hlavního kvašení nepřekročila 11,5 °C. Při stávajícím počtu 10 ks CKT (celkový objem 3600 hl a vnitřní průměr = 5000 mm) pak toto zvýšení představuje v součtu rozšíření kapacity o 1400 hl na jeden kvasný cyklus. Porovnáme-li investiční náklady na zvýšení kapacit výstavbou dalšího CKT (3600 hl), které činí cca 8 mil. Kč a náklady na úpravu jednostupňového chlazení, umožňující flotaci, jež představují cca 0,5 mil. Kč, pak intenzivnější využití stávajících kapacit (10 CKT) dovolí investovat cca 3 mil. Kč do jiných pivovarských technologií.

LITERATURA

- [1] DENK, V.: Brauwelt **137**, 1997, s. 1311.
- [2] EILS, H.-G., HERBERG, W.-D.: Brauwelt **138**, 1998, s. 601.
- [3] Patentová přihláška č. PV 1681–98
- [4] BASAŘOVÁ, G. a kol.: Pivovarsko-sladařská analytika, Praha, 1992, s. 624–626
- [5] DOSTÁL, J.: Optimalizace parametrů vířivé kádě, diplomová práce, VŠCHT, Praha, 1998
- [6] Interní technická dokumentace firmy ESONIC – Chlazení mladiny, 1997

Lektoroval Ing. Ladislav Chládek, CSc.
Do redakce došlo 9. 11. 1998